

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 14 日 (14.07.2005)

PCT

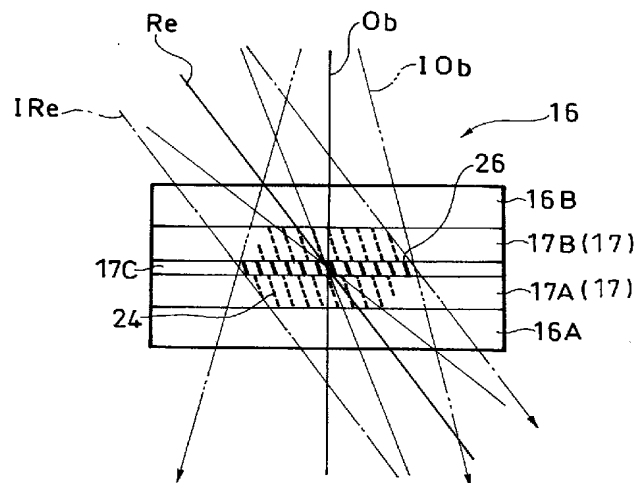
(10) 国際公開番号  
WO 2005/064420 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G03H 1/02, G11B 7/0065, 7/135, 7/24 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚越 拓哉 (TSUKAGOSHI, Takuya) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内 Tokyo (JP). 吉成 次郎 (YOSHINARI, Jiro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内 Tokyo (JP). 三浦 栄明 (MIURA, Hideaki) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内 Tokyo (JP). 水島 哲郎 (MIZUSHIMA, Tetsuro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/017721
- (22) 国際出願日: 2004 年 11 月 29 日 (29.11.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2003-430471  
2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): T D K 株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松山 圭佑, 外 (MATSUYAMA, Keisuke et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木二丁目 1 0 番 1 2 号 南新宿ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: HOLOGRAPHIC RECORDING MEDIUM, HOLOGRAPHIC RECORDING/ERASING METHOD AND HOLOGRAPHIC RECORDING/REPRODUCING APPARATUS

(54) 発明の名称: ホログラフィック記録媒体、ホログラフィック記録消去方法及びホログラフィック記録再生装置



(57) Abstract: A holographic recording/erasing method and a holographic recording/reproducing apparatus in both of which data reproduction is made impossible without projecting a high-energy erasing beam onto a holographic recording medium or without physical destruction. A holographic recording medium (16) used for a holographic recording/reproducing apparatus (10) comprises a recording layer (17) composed of two separated recording layers (17A, 17B), between which a crosstalk layer (17C) is provided. Even after multiplex recording of a data hologram (24) in the recording layer is ended, the crosstalk layer (17C) still has a photo-sensitivity. An erasing object light beam (IOb) having a large diameter and an erasing reference light beam (IRe) are directed to the crosstalk layer (17C), thereby forming a crosstalk hologram (26) of low selectivity. When a reproducing light beam is applied to the data hologram (24), diffracted light is infallibly produced also from the crosstalk hologram (26).

(57) 要約: ホログラフィック記録媒体に高エネルギーの消去ビームを照射したり、物理的に破壊することなくデータ再生を不可能とするホログラフィック記録消去方

[続葉有]



WO 2005/064420 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

法及びホログラフィック記録再生装置であって、ホログラフィック記録再生装置10におけるホログラフィック記録媒体16は、記録層17が2つの分割記録層17A、17Bからなり、その間にクロストーク層17Cが設けられている。クロストーク17C層は、記録層17へのデータホログラム24の多重記録が完了した後も、なお感光感度を有し、ここに、ビーム径が大きい消去用物体光IObと消去用参照光IReを照射して、選択性の低いクロストークホログラム26を形成し、データホログラム24への再生光の照射時に、必ずクロストークホログラム26からも回折光が発生するようにする。

## 明 細 書

### ホログラフィック記録媒体、ホログラフィック記録消去方法及びホログラフィック記録再生装置

#### 技術分野

- [0001] この発明は、物体光と参照光とをホログラフィック記録媒体に照射して、その干渉縞により情報を記録するホログラフィック記録媒体、このホログラフィック記録媒体に記録された情報を再生不可能とするためのホログラフィック記録消去方法及びホログラフィック記録再生装置に関する。

#### 背景技術

- [0002] 高速・大容量のストレージ技術の1つとしてホログラフィック記録が注目されている。
- [0003] このホログラフィック記録は、物体光と参照光との干渉縞に対応して、ホログラフィック記録媒体における記録層内での記録層材料の屈折率を変化させ、ホログラムを形成するものである。
- [0004] 上記のように、物体光と参照光との干渉縞に応じてホログラフィック記録媒体の記録層に形成されたホログラムは、磁気記録媒体とは異なり、容易に消去することができない。
- [0005] このため、従来は、ホログラフィック記録媒体を廃棄したりする場合、ホログラフィック記録媒体に高エネルギーの消去ビームを照射するか、物理的に破壊する以外の手段が無く、データ消去が煩雑且つ処理コストが高いという問題点があった。

#### 発明の開示

- [0006] この発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、ホログラフィック記録媒体に高エネルギーの消去ビームを照射したり、物理的に破壊することなく、低コストでデータ再生を不可能とすることができるホログラフィック記録媒体、ホログラフィック記録消去方法及びホログラフィック記録再生装置を提供することを目的とする。
- [0007] 本発明者は、鋭意研究の結果、データホログラムが形成される記録層に隣接して、データホログラム形成のための物体光及び参照光の照射によって感光し尽くされないクロストーク層を設け、このクロストーク層に選択性の低いクロストークホログラムを

重畳形成し、データホログラムの再生時には必ずクロストークホログラムが再生されるようにして、データ再生を不可能とできることが分かった。

[0008] 即ち、以下の本発明により上記目的を達成することができる。

[0009] (1)第1及び第2の基板の間に、多重記録可能な記録層が設けられているホログラフィック記録媒体であって、前記記録層に、直接又はスペーサ層を介して隣接して、 $0.48\mu\text{m}$ 以上の厚みを有するクロストーク層を設けてなり、前記クロストーク層は、前記記録層でのデータホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。

[0010] (2)前記記録層は厚みが $t_1$ 、且つ、一点にN枚のデータホログラムが角度多重記録可能であって、前記クロストーク層の厚み $t_2$ は、 $t_2 < t_1 / N$ であることを特徴とする(1)に記載のホログラフィック記録媒体。

[0011] (3)前記クロストーク層は、前記記録層に対して、記録時における物体光及び参照光の入射側とは反対側に配置されたことを特徴とする(1)又は(2)に記載のホログラフィック記録媒体。

[0012] (4)前記クロストーク層は、前記記録層を2層に分離するように、その間に配置されたことを特徴とする(1)又は(2)に記載のホログラフィック記録媒体。

[0013] (5)前記記録層と前記クロストーク層との間に樹脂製スペーサ層を設けたことを特徴とする(1)、(2)又は(3)に記載のホログラフィック記録媒体。

[0014] (6)ホログラフィック記録媒体における記録層に多重記録されたデータホログラムに対して、記録層に実質的に隣接して設けられ、且つ、前記記録層でのデータホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたクロストーク層に、クロストークホログラムを重畳して形成することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[0015] (7)前記データホログラムは角度多重記録されていて、前記消去用物体光の、ホログラフィック記録媒体を照射するビーム径を、前記データホログラム記録時の、ホログラフィック記録媒体を照射するビーム径の2〜10倍とすることを特徴とする(6)に記載のホログラフィック記録消去方法。

[0016] (8)前記消去用参照光を、前記ホログラフィック記録媒体に対して、記録時の参照

光の入射角度変調範囲内の入射角度で照射することを特徴とする(7)に記載のホログラフィック記録消去方法。

[0017] (9)前記データホログラム間の角度ピッチの複数分に相当する角度間隔の複数の入射角で、同時又は順次に前記消去用参照光を照射することを特徴とする(7)又は(8)に記載のホログラフィック記録消去方法。

[0018] (10)前記消去用物体光に、ランダムな振幅変調を付与することを特徴とする(6)乃至(9)のいずれかに記載のホログラフィック記録消去方法。

[0019] (11)前記消去用物体光を、前記記録時における物体光の照射用対物レンズの開口数よりも小さい開口数の対物レンズにより照射することを特徴とする(6)乃至(10)のいずれかに記載のホログラフィック記録消去方法。

[0020] (12)前記データホログラムは、位相コード多重記録されていて、前記消去用参照光を、記録時に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調することを特徴とする(6)に記載のホログラフィック記録消去方法。

[0021] (13)第1及び第2の基板の間に、記録層が設けられたホログラフィック記録媒体と、レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光から分岐された物体光及び参照光を前記ホログラフィック記録媒体の記録層に導く物体光学系及び参照光学系と、を有してなり、前記物体光と参照光とを前記記録層に照射して、その干渉縞によりデータホログラムを形成して情報を記録し、前記参照光と同様の再生光を前記記録層に照射して回折光を発生させ、該回折光から情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、前記ホログラフィック記録媒体は、前記記録層に直接又はスペーサ層を介して隣接して配置された、 $0.48\mu\text{m}$ 以上の厚みを有するクロストーク層と、前記クロストーク層に、消去用物体光及び参照光を照射してクロストークホログラムを形成する消去光学系と、を設けてなり、前記クロストーク層は、前記データホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[0022] (14)前記物体光学系及び参照光学系が前記消去光学系を兼ねていることを特徴とする(13)に記載のホログラフィック記録再生装置。

[0023] (15)前記消去光学系は、前記記録時の物体光及び参照光とは波長が異なる消去

用物体光及び参照光を、クロストーク層に照射するようにされたことを特徴とする(13)に記載のホログラフィック記録再生装置。

[0024] (16)前記記録層は厚みが $t_1$ 、且つ、一点にN枚のデータホログラムが角度多重記録可能であつて、前記クロストーク層の厚み $t_2$ は、 $t_2 < t_1 / N$ であることを特徴とする(13)乃至(15)のいずれかに記載のホログラフィック記録再生装置。

[0025] (17)前記消去光学系に、前記消去用物体光にランダムな振幅変調を付与する空間光変調器を設けたことを特徴とする(13)乃至(16)のいずれかに記載のホログラフィック記録再生装置。

[0026] (18)前記参照光学系に、参照光を位相コード変調するための位相空間光変調器を設けると共に、前記消去光学系に、消去用参照光を、前記記録に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調する消去用位相空間光変調器を設けたことを特徴とする(13)乃至(17)のいずれかに記載のホログラフィック記録再生装置。

#### 図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の実施例1に係るホログラフィック記録再生装置を示す光学系統図

[図2]同実施例1におけるホログラフィック記録媒体と参照光、物体光、消去用参照光、消去用物体光、データホログラム及びクロストークホログラムの関係を模式的に示す拡大断面図

[図3]同実施例1におけるデータホログラムとクロストークホログラムの再生時における再生光の入射角と回折効率との関係を示す線図

[図4]同ホログラフィック記録媒体に入射角度を変えて再生光を照射した場合の回折光の状態を模式的に示す拡大断面図

[図5]一般的なホログラフィック記録媒体におけるホログラム再生時の状態を模式的に示す拡大断面図

[図6]実施例1において、多重化されたデータホログラムを1つのクロストークホログラムで再生不能な状態にした場合の再生光の入射角と回折効率との関係を示す線図

[図7]多重化されたデータホログラムを複数のクロストークホログラムによって再生不能にする場合の再生光の入射角と回折効率との関係を示す線図

[図8]クロストーク層の厚みを変化させるときにおけるクロストークホログラムのブラッグ選択性の変化を、再生光の入射角と回折効率との関係で示す線図

[図9]データホログラムからの再生像を撮像素子にて撮影し、画素毎の再生信号値と頻度との関係を示すヒストグラム

[図10]本発明の実施例2に係るホログラフィック記録再生装置を示す光学系統図

[図11]クロストーク層の配置の変形例を模式的に示す拡大断面図

発明を実施するための最良の形態

- [0028] ホログラフィック記録媒体を、第1及び第2の基板と、これらの間の、データホログラムを多重記録可能な記録層及びこの記録層に実質的に隣接してクロストーク層により構成し、前記クロストーク層を、前記記録層でのデータホログラムの記録の際の物体光と参照光の縞に対して、感光し尽くされないように不感又は極低感度に設定し、ここに、前記データホログラムの記録時のブラッグ条件と同一のブラッグ条件で、消去用物体光及び消去用参照光を照射して、クロストークホログラムを形成する。

#### 実施例 1

- [0029] 以下、図1を参照して本発明の実施例1に係るホログラフィック記録再生装置10について説明する。
- [0030] このホログラフィック記録再生装置10は、レーザ光源12と、このレーザ光源12から出射されたレーザ光を参照光(反射光)及び物体光(透過光)とに分岐するビームスプリッタ14と、ホログラフィック記録媒体16と、前記参照光を前記ホログラフィック記録媒体16に導くための参照光学系18と、前記物体光をホログラフィック記録媒体16に導くための物体光学系20と、前記ホログラフィック記録媒体16に再生光を照射したときに発生する回折光によりデータを再生するための結像光学系22とを備えて構成されている。
- [0031] 前記参照光学系18は、前記ビームスプリッタ14側から、回転ミラー18Aと、凹面ミラー18Bとをこの順で備えて構成されている。
- [0032] 前記凹面ミラー18Bは、前記回転ミラー18Aの回転中心及び前記ホログラフィック記録媒体16における記録層17と、前記物体光の照射光軸との交点をそれぞれ焦点とする仮想楕円19の内周面に沿った反射面を有し、前記ビームスプリッタ14から反

射された物体光を回転ミラー18Aによって反射したとき、前記凹面ミラー18Bでの反射光が必ず前記記録層17と物体光の照射光軸との交点を通るようにされている。図の符号18Cは、前記回転ミラー18Aの回転角度を制御するための制御装置を示す。

[0033] 前記物体光学系20は、前記ビームスプリッタ14側から、前記ビームスプリッタ14を透過したレーザ光のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ20Aと、ミラー20Bと、空間光変調器20Cと、フーリエレンズ20Dとをこの順で備えて構成されている。

[0034] 前記空間光変調器20Cは、前記ホログラフィック記録媒体16に記録すべきデータに対応して振幅変調され、該データを物体光に付与するようにされている。

[0035] 前記結像光学系22は、前記ホログラフィック記録媒体16側から、結像レンズ22A及び撮像素子22Bをこの順で配置して構成されている。

[0036] 次に、図2を参照して、前記ホログラフィック記録媒体16の構成を詳細に説明する。

[0037] 図2に、模式的に拡大して示されるように、ホログラフィック記録媒体16は、第1及び第2の基板16A、16Bの間に、2層の分離された分割記録層17A、17Bからなる前記記録層17と、前記分離された分割記録層17A、17Bの間に形成されたクロストーク層17Cとを有して構成されている。

[0038] 前記分割記録層17A、17Bは、前記物体光学系20及び参照光学系18からの物体光と参照光との干渉縞によって、グレーティングが形成可能とされている。

[0039] 又、前記クロストーク層17Cは、その厚みが、分割記録層17A、17Bと該クロストーク層17Cの厚みの和に比べて薄く( $1/100 \sim 1/5$ )とされ、前記記録時における物体光と参照光に対して、広い入射角度範囲でブラッグ条件を充足するようにされている。

[0040] 又、クロストーク層17Cは、前記分割記録層17A、17Bと同様に、例えばフォトリソグラフィやフォトリフラクティブ結晶から構成されているが、記録層17に対する記録時の物体光及び参照光の照射に対して、感光感度が消費し尽くされることなく、更に保管時の僅かな露光に対しても感光することがなく、記録層17へのホログラフィック記録が完了し、アーカイバル補償期間が経過した後でも感光可能である材料が用いられている。

[0041] この場合、前記クロストーク層17Cは、吸収端が記録光(物体光、参照光)よりも短



波長側にある重合開始剤によって感光を発現するフォトポリマーや、ゲート光の有無によって感光能力のON/OFFが可能な2色ホログラム材料でもよく、更に、静電場の存在下でのみ感光性能を有するフォトリフラクティブ材料から構成してもよい。

- [0042] 又、クロストーク層17Cの厚さは、上記のように分割記録層17A、17Bに比べて薄く設定されているが、体積ホログラムとして機能するためには、少なくとも、 $0.48\mu\text{m}$ 以上の厚み(詳細後述)が必要である。
- [0043] 次に、前記ホログラフィック記録再生装置10によって情報を記録再生及び消去する過程について説明する。
- [0044] まず、レーザ光源12から出射されたレーザ光は、ビームスプリッタ14によって反射光としての参照光及び透過光としての物体光とに分岐される。
- [0045] 参照光は参照光学系18に入射して、回転ミラー18A及び凹面ミラー18Bによって反射されて、ホログラフィック記録媒体16の記録層17に照射される。
- [0046] ここで、回転ミラー18Aの回転中心と記録層17の、物体光の光軸との交点は、仮想楕円19の2つの焦点となっているので、回転ミラー18Aの回転角度に関係無く、参照光は必ず記録層17に入射する。
- [0047] 従って、前記回転ミラー18A及び凹面ミラー18Bは、参照光のホログラフィック記録媒体16への照射位置を固定したまま、その入射角のみを変化させ、この動作によって角度多重記録を実現している。
- [0048] 前記物体光学系20に入射した物体光は、ビームエキスパンダ20Aによってそのビーム径を拡大され、更にミラー20Bによって反射され、空間光変調器20Cに入射する。
- [0049] 空間光変調器20Cでは、記録すべき情報(データ)に応じて、物体光を振幅変調し、該物体光にデータを付与する。
- [0050] このデータを付与された物体光は、前記フーリエレンズ20Dによってその焦点でフーリエ変換されてから、前記記録層17に入射される。図2に示されるように、記録層17では、照射された物体光Obと参照光Reとの干渉縞に対応して、データホログラム24が形成される。
- [0051] 再生時には、前記空間光変調器20Cの全画素をOFFとして、参照光Reのみを再

生光としてホログラフィック記録媒体16に照射する。このとき、再生したいホログラムに応じて記録時の参照光Reと同様に再生光の入射角を調整し、データホログラム24からの回折光としてデータを含む物体光を再生する。

[0052] 上記記録時において、物体光と参照光を記録層17に照射した際に、前記クロストーク層17Cにも照射されるが、該クロストーク層17Cは、物体光Obと参照光Reに対する感光感度が低く、僅かに感光したとしても、記録層17の全てにデータホログラムを形成した後も感光感度が消費し尽くされないので、クロストークホログラム26の形成が可能である。

[0053] 又、前記再生時における再生光も、前記参照光と同一波長であり、その入射角度も同一であるので、クロストーク層17Cは該再生光に対して感光しないか、あるいは感光したとしても非常に僅かである。

[0054] 次に、前記記録層17に記録されたデータホログラム24を実質的に消去するためのクロストークホログラム26を形成する過程について説明する。

[0055] このホログラフィック記録再生装置10での消去過程では、前記記録時と同様の物体光学系20及び参照光学系18を消去光学系として用い、これらから、図2に示されるように、消去用物体光IOb及び消去用参照光IREをクロストーク層17Cの広い範囲に照射する。特に消去用参照光IREは、コリメート領域のビーム径を広くし(記録時のビーム径の2〜10倍)、又、消去用物体光IObには、空間光変調器20Cでランダムな振幅を与え、且つ、拡散光として照射する。

[0056] ここでは、例えば図2に一点鎖線で示されるように、参照光Reの入射角の変調範囲の中心位置での入射角度を中心として、前記参照光と同様の消去用参照光IREを照射すると同時に物体光と同様の入射角で消去用物体光IObを照射して、クロストーク層17Cにクロストークホログラム26を形成する。

[0057] 前記クロストーク層17Cは、記録層17と比較して薄いので、前記記録時の物体光及び参照光と同一波長の消去用物体光IOb及び消去用参照光IREの広い入射角度範囲でブラッグ条件を充足する。前記入射角と回折効率との関係は、図3において、クロストークホログラム26の場合は一点鎖線26Aで示され、データホログラム24の場合は実線24Aで示されるようになり、クロストークホログラム26の選択性が低いことが

分かる。

- [0058] 上記のような記録層17を、前述と同様に再生光(参照光)で照射してデータを再生しようとする、図4(A)、(B)に示されるように、入射角度の異なる再生光 $Rp_1$ 、 $Rp_2$ に対して、データホログラムとクロストークホログラムの再生像24B、26Bが必ず重畳して形成される。即ち、再生光の広い入射角度範囲で必ずクロストークホログラム26が同時に再生されるため、実質的に再生不可能、即ちデータが消去されたことになる。
- [0059] ここで、前記データホログラム24とクロストークホログラム26を再生するときの様子を、図5ー図7を参照して更に詳細に説明する。
- [0060] 一般的に、ホログラムは、図5の点線で示される参照光 $Re_0$ 及び物体光 $Ob_0$ によって予め記録されており、2つのレーザ光が形成する干渉縞をグレーティング(回折格子)Grとして保持している。
- [0061] 再生時には、再生光Rpが記録時の参照光(又は物体光)と同じ入射角度でホログラフィック記録媒体16へ入射されたときに回折効率が最大となるが、入射角が変化したときに回折効率が減ずる程度を表わしたのが、(1)ー(3)式である。
- [0062] 
$$\eta = \sin^2 \sqrt{(\Phi^2 + \chi^2) / (1 + \chi^2 / \Phi^2)} \quad \cdots (1)$$
- $$\Phi = \pi \Delta n d / \lambda \cos \theta_w \quad \cdots (2)$$
- $$\chi = 2 \pi d / \lambda \cdot \Delta \theta \sin \theta_w \quad \cdots (3)$$
- [0063] ここで $\eta$ は回折効率、即ち入射した再生光に対する回折光の強度比を表わす。 $\Phi$ はホログラムの光学的な厚みを再生光波長で規格化したもので、ここではホログラフィック厚と呼ぶことにする。又、 $\chi$ は再生光が記録時の参照光(又は物体光)とどれだけ「ずれ」ているかを表わす指標で、「ブラッグミスマッチ」と呼ばれる。ブラッグミスマッチ $\chi$ は波長の偏差 $\Delta \lambda$ と入射角の偏差 $\Delta \theta$ に依存するが、ここでは波長シフトがない( $\Delta \lambda = 0$ )ものとした。 $\Delta n$ はグレーティングを形成する屈折率分布のコントラスト(屈折率変調度)、 $d$ は感光層の厚み、 $\theta_w$ は記録時の入射角、 $\theta$ は再生時の入射角とし、入射角の偏差を $\Delta \theta = \theta - \theta_w$ で定義した。
- [0064] 記録媒体の表面における屈折の効果も考慮した上で、外部入射角 $\theta'$ と回折効率の関係を示したのが図6及び図7である。但し、表面反射による回折効率の低下は無視した。

- [0065] 図中の細かいピークがデータホログラム( $t_1 = d = 1\text{mm}$ )からの回折効率、幅の広いピークがクロストークホログラムからの回折効率を表わしている。いずれの場合も、データホログラムの厚みを $d = 1\text{mm}$ 、屈折率変調度を $1 \times 10^{-5}$ とし、隣り合うホログラムは参照光を $0.1^\circ$ のピッチで偏向して記録するようにした。一方のクロストークホログラムに関しては、図6では厚みを $t_2 = 0.02\text{mm}$ 、図7では $t_2 = 0.08\text{mm}$ とした。厚みが変われば回折効率のピーク値も変わるが、ここでは $\Delta n$ を調整してデータ及びクロストークのピーク値がほぼ等しくなるようにした。
- [0066] 実際、上記の数式において $\chi = 0$ で、 $\Phi$ が小さい場合、回折効率 $\eta$ は $(\Delta n d)$ の2乗に比例することが分かる。つまり、図6では $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$ 、図7では $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$ とすれば、ほぼ同等の回折効率を得られる。
- [0067] 本発明を実施するために最も簡単な方法は、図6のように、多重化されたデータホログラムを1つのクロストークホログラムで再生不能な状態にすることである。
- [0068] 又、図7のように、複数のクロストークホログラムを重畳して同様の機能を得てもよい。図7において、破線で示されるピークは角度多重された4つのクロストークホログラムを表わす。幅の広いピーク(実線)はこの4つを足し合わせたもので、実際に観察される回折効率である。
- [0069] ここでは、21個のデータページを重畳した場合を例に挙げたが、実際には数百〜千枚以上の角度多重記録が行なわれることもあり、複数のクロストークホログラムを重畳しなければ十分な機能を得られない可能性がある。これはクロストークホログラムとして体積位相型のホログラムを前提としており、記録層の厚みに下限(通常数 $\mu\text{m}$ ; 後述参照)が存在するためである。但し、複数のクロストークホログラムを重畳する場合でも、それと同数のクロストーク層を積層する必要はなく、1つのクロストーク層内に複数のクロストークホログラムを角度多重記録すればよい。
- [0070] 前記の図7の場合、消去用参照光の入射角度を変化させながら複数のクロストークホログラムを記録する必要があり、データの消去到費やされる時間あるいはコストが増大してしまう。従って、重畳されるクロストークホログラムの数は少ない方がよい。このためには、できるだけクロストーク層の厚みを薄くした上で、少数のクロストークホログラムで全てのデータホログラムをカバーすることが好ましい。しかしながら、体積ホログ

ラムとして機能するためには、光学系等によって決まる一定の厚みを持つ必要があり、これがクロストーク層の厚みの下限を規定する。

[0071] データホログラムは次の条件で形成されている。

[0072]  $\lambda$  ; 532nm  
 $n$  ; 1.52  
 $\Delta n$  ;  $1 \times 10^{-5}$   
 $d$  ; 1mm  
 $\theta_w$  ; 45deg  
 $\theta_{int}$  ; 0.1deg  
 $\Lambda$  ;  $0.376 \mu m$   
 $K$  ;  $16.7 \mu m^{-1}$

[0073] ここで、 $\Lambda$ はグレーティングの周期、 $K$ はグレーティングの波数( $K = 2\pi / \Lambda$ )、 $\theta_{int}$ はデータホログラム間の角度ピッチを示す。

[0074] 体積ホログラム的な性質を表現するための条件は、

$$Q = 2\pi \lambda t / n \Lambda^2 \cos \theta > 10 \quad \cdots (4)$$

であり、前記パラメータ値を代入すると、クロストーク層厚みの下限値として $0.57 \mu m$ を得る。ここでは $\theta' = 45^\circ$  ( $\theta = 27.7^\circ$ )としたが、上式に対して最小の厚みを与えるのは、臨界角 $\theta_c = \sin^{-1}(1/n)$ なので、

$$Q = 2\pi \lambda t / n \Lambda^2 \cos\{\sin^{-1}(1/n)\} > 10 \quad \cdots (5)$$

となり、クロストーク層厚みの最小値は $0.48 \mu m$ となる。

[0075] 前記各式で用いた各パラメータはホログラム記録における典型的な値であるが、本発明の効果をj得るための条件を正確に与えるためには、前記のQ値に対する条件を適用する必要がある。記録時の入射角のみならず、波長やグレーティング周期や屈折率も様々な値を取り得るかせである。

[0076] 前記(4)、(5)式ではクロストーク層の最小厚みを求めたが、逆にクロストーク層が厚い場合については、原理的な制約はない(図8参照)。図8はクロストーク層の厚みを変化させたときに、クロストークホログラムのブラッグ選択性がどう変化するかを示したものである。回折効率の値はそれぞれのピーク値で規格化した。

- [0077] 前記(1)～(3)式から分かるように、厚みの異なるホログラムでも屈折率変調度と厚みの積 $\Delta n d$ が等しければ同じ回折効率を与える。厚みが半分になっても、 $\Delta n$ が2倍になれば回折効率は等しい。図8によれば、クロストーク層の厚み $t_2$ と、回折効率のピーク半値幅は反比例する。これらを総合すると、「クロストーク層がその機能を発現するために、厚みの上限はない」と言える。何故ならば、 $t_2$ が2倍になってピーク半値幅が半分になったとしても、 $\Delta n$ も半分になっているので、クロストーク層には同じクロストークホログラムを2枚記録できるからである。この2枚のクロストークホログラムを適当な角度間隔で多重化すれば、はじめの場合( $t_2$ が2倍になる前の場合)とほぼ同じ角度範囲のデータホログラムを再生不能にできる。但し、2枚のクロストークホログラムを記録しなければならないだけ、手間がかかる。
- [0078] 実際的なクロストーク層は、「1つのクロストークホログラムで全部のデータホログラムを再生不能にできる」という条件を充足することであり、その場合の厚みの上限は次のようになる。即ち、ホログラム選択性における回折効率のピーク幅は厚みに反比例するので、1点に角度多重記録されるデータホログラムの枚数を $N$ とすれば、 $t_2 < t_1 / N$ がクロストークホログラムの上限となる。
- [0079] 次に、クロストークホログラムがデータホログラムの再生を妨げるときの仕組みを説明する。
- [0080] まず、クロストークホログラムの回折光量は、一見データホログラムと同程度である必要はない(図6及び図7では、簡単にするため同程度の回折効率を与えた)。
- [0081] 図9は、データホログラムからの再生像(回折光)を撮像素子にて撮影し、画素毎の検出光量(再生信号)をヒストグラムにしたものである。理想的にはon及びoffの信号はそれぞれ1及び0の光量として検出されるべきであるが、画素間の光学的干渉をはじめとするノイズによって広がりを持った分布となる。
- [0082] 分かり易く説明するため、onとoffの信号の閾値をそれぞれ0.6及び0.4とする。ここにクロストークホログラムによる回折像が重畳された場合を考える。クロストークホログラムの回折効率がデータホログラムの $\alpha$ 倍とすると、(データ、クロストーク)の画素が(on, on)、(on, off)、(off, on)、(off, off)の組合せに対して、それぞれどのような光量が検出されるかを計算すればよい。

- [0083] その結果、データのoffに対する光量の閾値(最大値)は $0.4 + \alpha$  (off, onの場合)、データのonに対する光量の閾値(最小値)は $0.6 - \alpha$  (on, offの場合)、となることが分かる。
- [0084] 何故なら、データホログラムの画素パターンとは無関係に、クロストークホログラムの画素パターンはランダムな配列を取るからである。つまり、 $\alpha$  が0.1より大きければデータホログラムからの検出画像においてonとoffの混合が生じ、良好な再生が妨げられるのである。実際のホログラフィック記録再生システムでは、それぞれの符号化やエラー訂正方式によって前記閾値(0.4や0.6)が決められるが、一般的にエラー訂正可能なビットエラー率(訂正前)は $10^{-3}$ 程度なので、 $\alpha$  が0.1より少しでも大きければよい(例えば0.11)。

## 実施例 2

- [0085] 次に、図10に示される、本発明の実施例2に係るホログラフィック記録再生装置30について説明する。
- [0086] このホログラフィック記録再生装置30は、位相コード多重記録用であって、クロストークホログラムも、位相コードパターンが付与される。
- [0087] このホログラフィック記録再生装置30は、前記図1に示されるホログラフィック記録再生装置10に対して、参照光学系の構成が相違し、他の構成については同一であるので、ホログラフィック記録装置10と共通部分に同一の符号を付することによって説明を省略するものとする。
- [0088] このホログラフィック記録再生装置30における参照光学系32は、ビームスプリッタ14側から、ビームスプリッタ14で反射されたレーザ光のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ32Aと、一対のミラー32B、32Cと、位相空間光変調器32Dと、ミラー32Eと、フーリエレンズ32Fと、をこの順で配置して構成されている。
- [0089] このホログラフィック記録再生装置30によってデータを記録し且つ再生する場合は、従来と同様の位相コード多重記録により行なう。
- [0090] 即ち、物体光は物体光学系20における空間光変調器20Cにより振幅変調としてデータを付与される。又、参照光は、参照光学系32における位相空間光変調器32Dによって、位相変調としてアドレスを付与され、共にフーリエレンズ20D、32Fによ

て集光されて、ホログラフィック記録媒体16に照射される。

- [0091] 前記実施例1における角度多重記録の場合と同様に、消去用物体光及び消去用参照光はホログラフィック記録再生装置30の物体光学系20及び参照光学系32によって、ホログラフィック記録媒体16に照射される。
- [0092] なお、位相コード多重記録の場合、物体光、参照光共に機械的に非可動であるので、角度多重記録の場合と違って、クロストークホログラム記録時の物体光のビーム径を太くする必要がない。
- [0093] 前記記録時に、前記位相空間光変調器32Dは、記録時におけるどの位相コードとも直交しないパターンを表示するようにされる。
- [0094] ここで、位相コードパターンが直交するとは、2つの位相コード中の同じ位置にある画素同士を掛け合わせて、全画素に亘って和をとった時に0になることを意味する。但し、位相変調量を $\theta$ として、画素の値は $\exp(i\theta)$ である。
- [0095] 位相コード多重記録の原理によれば、直交しない位相コードによって変調されたホログラムは、互いに分離することができず、一方を再生すれば同時に他方も再生される。
- [0096] 従って、再生時には、データホログラムの全ての位相コードパターン(アドレス)は、クロストークホログラムと直交しないので、どのデータホログラムを再生しても、クロストークホログラムが同時に再生され、従って、実質的にデータが消去されたことになる。
- [0097] なお、上記実施例1、2において、ホログラフィック記録媒体16は、2つの分割記録層17A、17Bの間にクロストーク層17Cを形成して構成したものであるが、本発明はこれに限定されるものでなく、例えば、図11(A)に示されるように、1層の記録層17に対して、物体光あるいは参照光の入射方向と反対側に隣接してクロストーク層17Cを設けるようにしてもよい。
- [0098] 更に、図11(B)に示されるように、記録層17とクロストーク層17Cとの間に、剛性を維持するための硬質のスペーサ層17Dを設けるようにしてもよい。
- [0099] この場合、スペーサ層17Dは、例えば放射線照射によって硬化する樹脂で構成したり、シート状プラスチックを貼付けして形成するとよい。
- [0100] なお、上記実施例1、2において、記録時の物体光及び参照光に対して消去用物



体光及び消去用参照光は、同一波長とされているが本発明はこれに限定されるものでなく、異なる波長の消去用物体光及び消去用参照光を用いてもよい。

[0101] この場合、レーザ光源12とは別個にレーザ光源を設けたり、レーザ光源12からのレーザ光の波長を変換する素子を設けたりする必要がある。

#### 産業上の利用の可能性

[0102] 本発明においては、ホログラフィック記録媒体における記録層にデータホログラムを形成する際は、クロストーク層はほとんど感光することなく、又クロストーク層にクロストークホログラムが形成された後は、データホログラムの再生時には必ずクロストークが生じるので、データの再生が不可能となり、実質的にデータが消去される。

### 請求の範囲

- [1] 第1及び第2の基板の間に、多重記録可能な記録層が設けられているホログラフィック記録媒体であって、
- 前記記録層に、直接又はスペーサ層を介して隣接して、 $0.48\mu\text{m}$ 以上の厚みを有するクロストーク層を設けてなり、
- 前記クロストーク層は、前記記録層でのデータホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [2] 請求項1において、
- 前記記録層は厚みが $t_1$ 、且つ、一点にN枚のデータホログラムが角度多重記録可能であって、前記クロストーク層の厚み $t_2$ は、 $t_2 < t_1 / N$ であることを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [3] 請求項1又は2において、前記クロストーク層は、前記記録層に対して、記録時における物体光及び参照光の入射側とは反対側に配置されたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [4] 請求項1又は2において、前記クロストーク層は、前記記録層を2層に分離するように、その間に配置されたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [5] 請求項1又は2において、前記記録層と前記クロストーク層との間に樹脂製スペーサ層を設けたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [6] 請求項3において、前記記録層と前記クロストーク層との間に樹脂製スペーサ層を設けたことを特徴とするホログラフィック記録媒体。
- [7] ホログラフィック記録媒体における記録層に多重記録されたデータホログラムに対して、記録層に実質的に隣接して設けられ、且つ、前記記録層でのデータホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたクロストーク層に、クロストークホログラムを重畳して形成することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。
- [8] 請求項7において、前記データホログラムは角度多重記録されていて、前記消去用参照光の、ホログラフィック記録媒体を照射するビーム径を、前記データホログラム記

録時の、ホログラフィック記録媒体を照射するビーム径の2〜10倍とすることを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[9] 請求項8において、

前記消去用参照光を、前記ホログラフィック記録媒体に対して、記録時の参照光の入射角度変調範囲内の入射角度で照射することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[10] 請求項8において、

前記データホログラム間の角度ピッチの複数分に相当する角度間隔の複数の入射角で、同時又は順次に前記消去用参照光を照射することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[11] 請求項9において、

前記データホログラム間の角度ピッチの複数分に相当する角度間隔の複数の入射角で、同時又は順次に前記消去用参照光を照射することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[12] 請求項7乃至11のいずれかにおいて、

前記消去用物体光に、ランダムな振幅変調を付与することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[13] 請求項7乃至11のいずれかにおいて、

前記消去用物体光を、前記記録時における物体光の照射用対物レンズの開口数よりも小さい開口数の対物レンズにより照射することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[14] 請求項7において、

前記データホログラムは、位相コード多重記録されていて、前記消去用参照光を、記録時に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調することを特徴とするホログラフィック記録消去方法。

[15] 第1及び第2の基板の間に、記録層が設けられたホログラフィック記録媒体と、レーザ光源と、このレーザ光源からのレーザ光から分岐された物体光及び参照光を前記ホログラフィック記録媒体の記録層に導く物体光学系及び参照光学系と、を有してな

り、前記物体光と参照光とを前記記録層に照射して、その干渉縞によりデータホログラムを形成して情報を記録し、前記参照光と同様の再生光を前記記録層に照射して回折光を発生させ、該回折光から情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、

前記記録層に直接又はスペーサ層を介して隣接して配置された、 $0.48\mu\text{m}$ 以上の厚みを有するクロストーク層と、前記クロストーク層に、消去用物体光及び参照光を照射してクロストークホログラムを形成する消去光学系と、を設けてなり、

前記クロストーク層は、前記データホログラムの記録時の物体光と参照光との干渉縞に対して、不感又は極低感度に設定されたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[16] 請求項15において、

前記物体光学系及び参照光学系が前記消去光学系を兼ねていることを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[17] 請求項15において、

前記消去光学系は、前記記録時の物体光及び参照光とは波長が異なる消去用物体光及び参照光を、クロストーク層に照射するようにされたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[18] 請求項15乃至17のいずれかにおいて、

前記記録層は厚みが $t_1$ 、且つ、一点にN枚のデータホログラムが角度多重記録可能であって、前記クロストーク層の厚み $t_2$ は、 $t_2 < t_1 / N$ であることを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[19] 請求項15乃至17のいずれかにおいて、

前記消去光学系に、前記消去用物体光にランダムな振幅変調を付与する空間光変調器を設けたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[20] 請求項18において、

前記消去光学系に、前記消去用物体光にランダムな振幅変調を付与する空間光変調器を設けたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[21] 請求項15乃至17のいずれかにおいて、

前記参照光学系に、参照光を位相コード変調するための位相空間光変調器を設けると共に、前記消去光学系に、消去用参照光を、前記記録に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調する消去用位相空間光変調器を設けたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

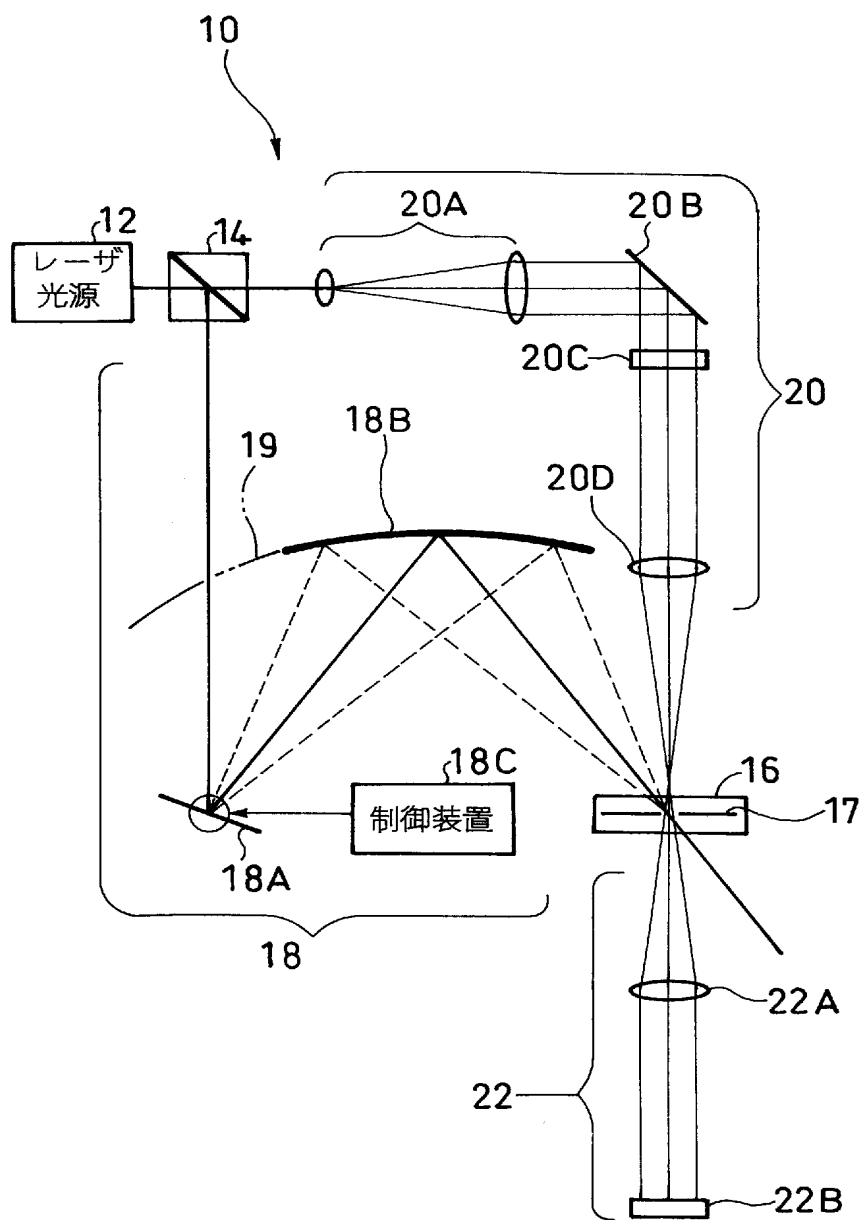
[22] 請求項18において、

前記参照光学系に、参照光を位相コード変調するための位相空間光変調器を設けると共に、前記消去光学系に、消去用参照光を、前記記録に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調する消去用位相空間光変調器を設けたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

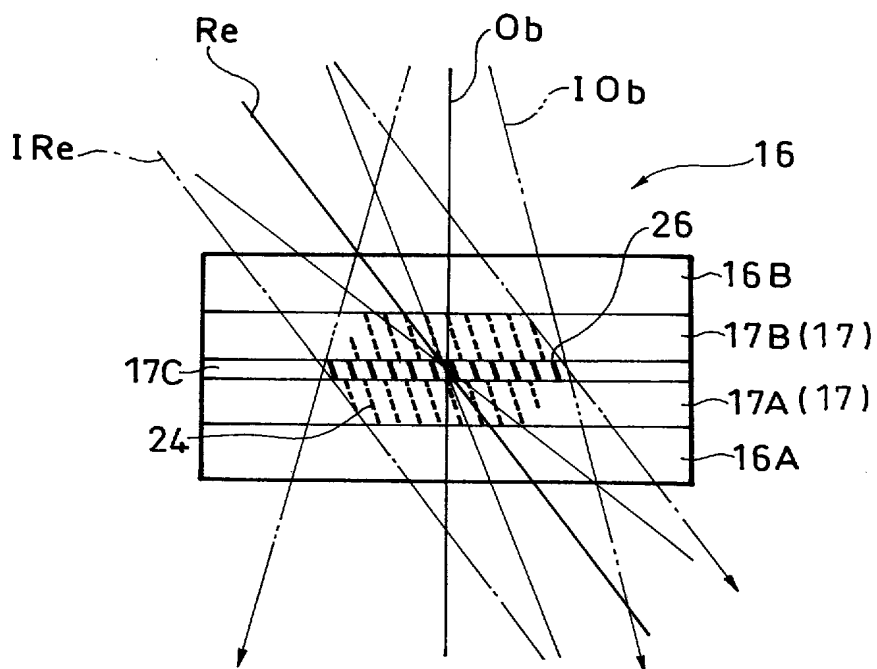
[23] 請求項19において、

前記参照光学系に、参照光を位相コード変調するための位相空間光変調器を設けると共に、前記消去光学系に、消去用参照光を、前記記録に用いられた位相コードと直交しないパターンで位相コード変調する消去用位相空間光変調器を設けたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

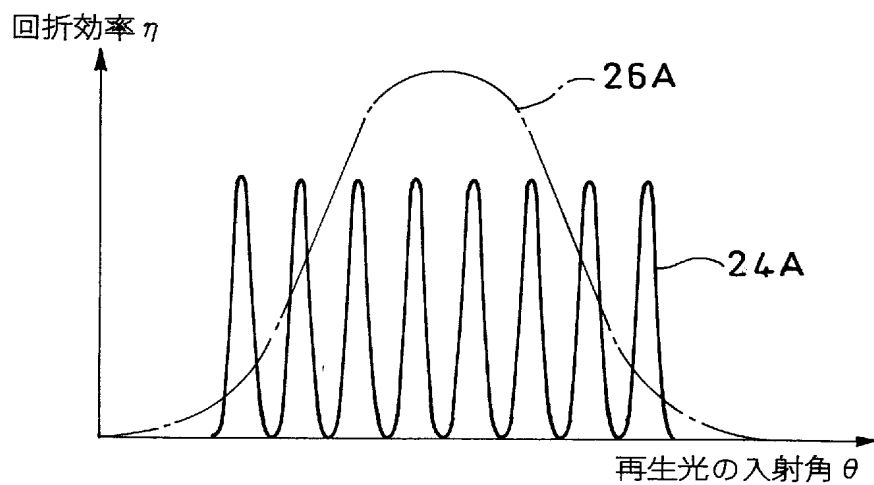
[図1]



[図2]

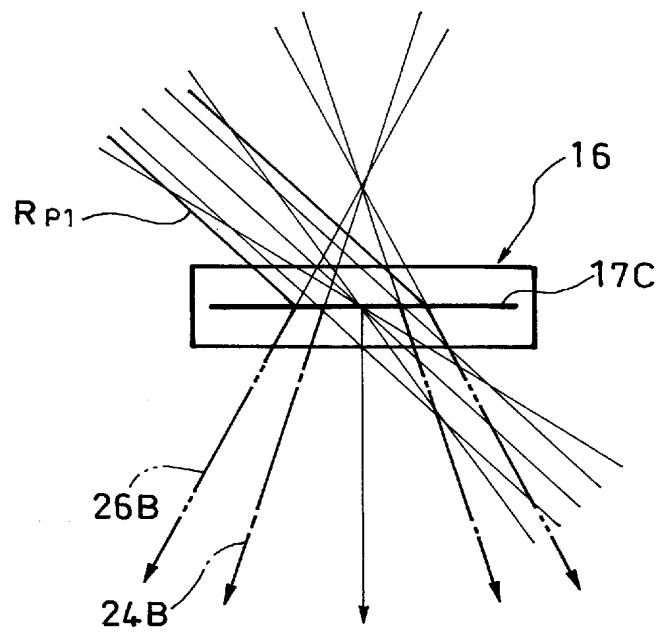


[図3]

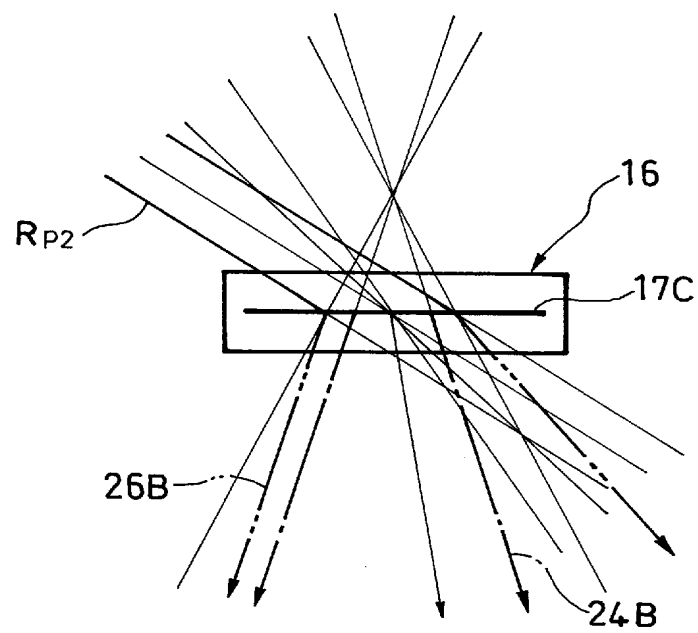


[図4]

(A)

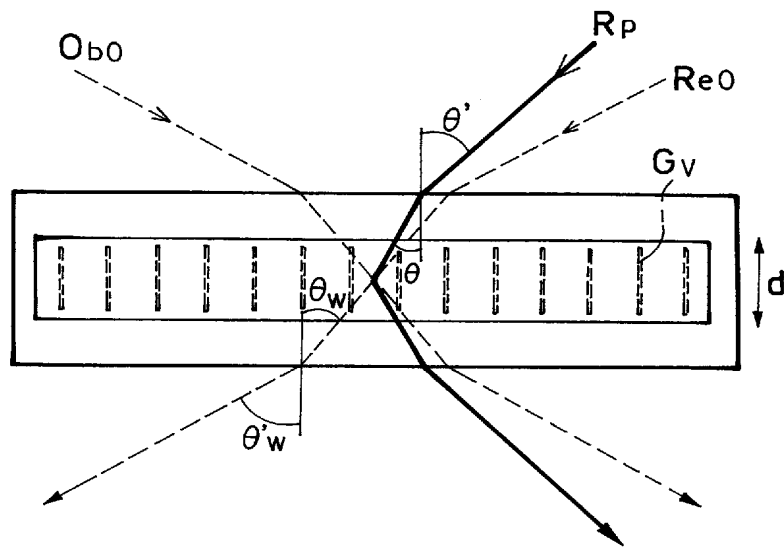


(B)

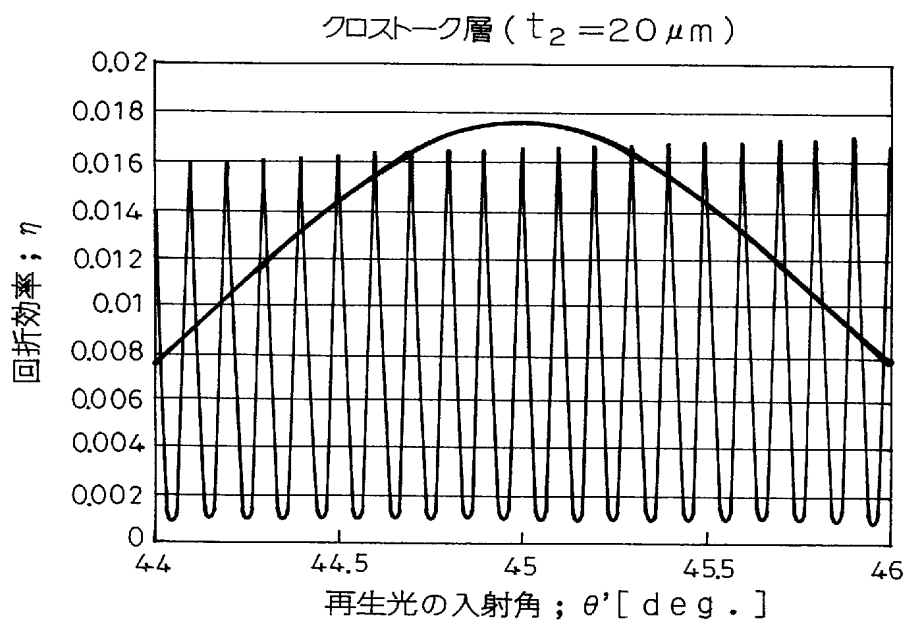




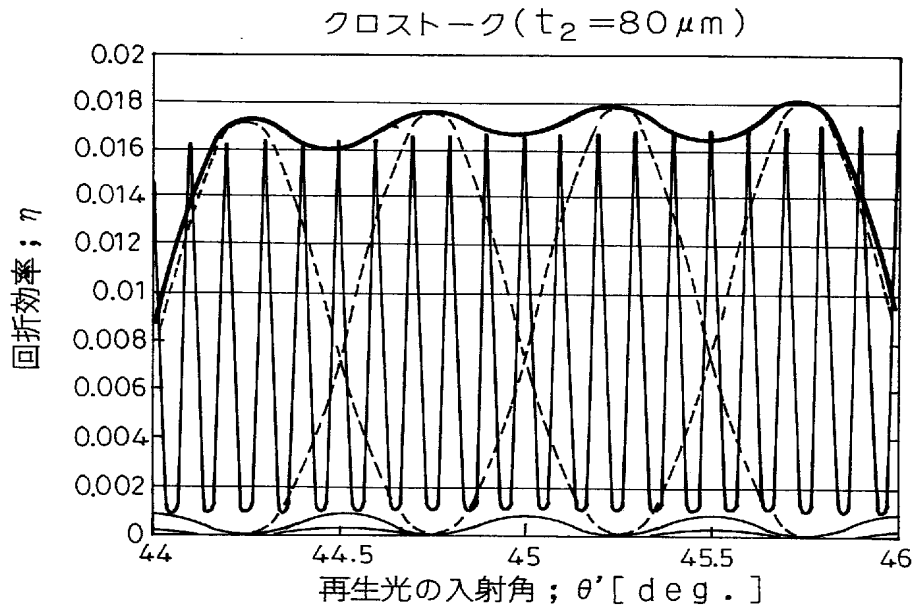
[図5]



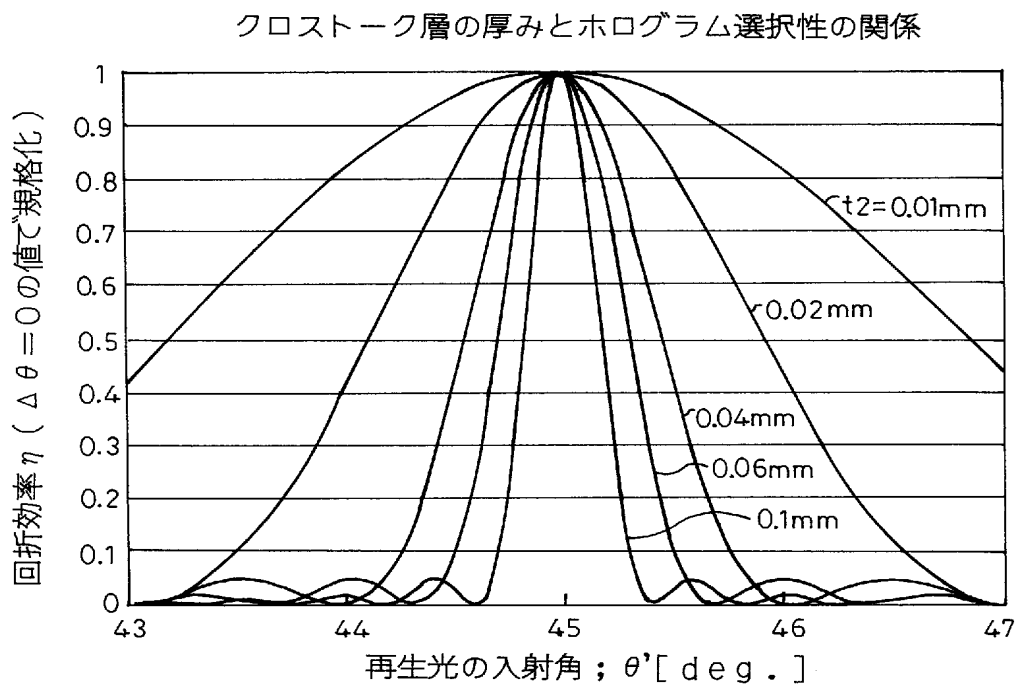
[図6]



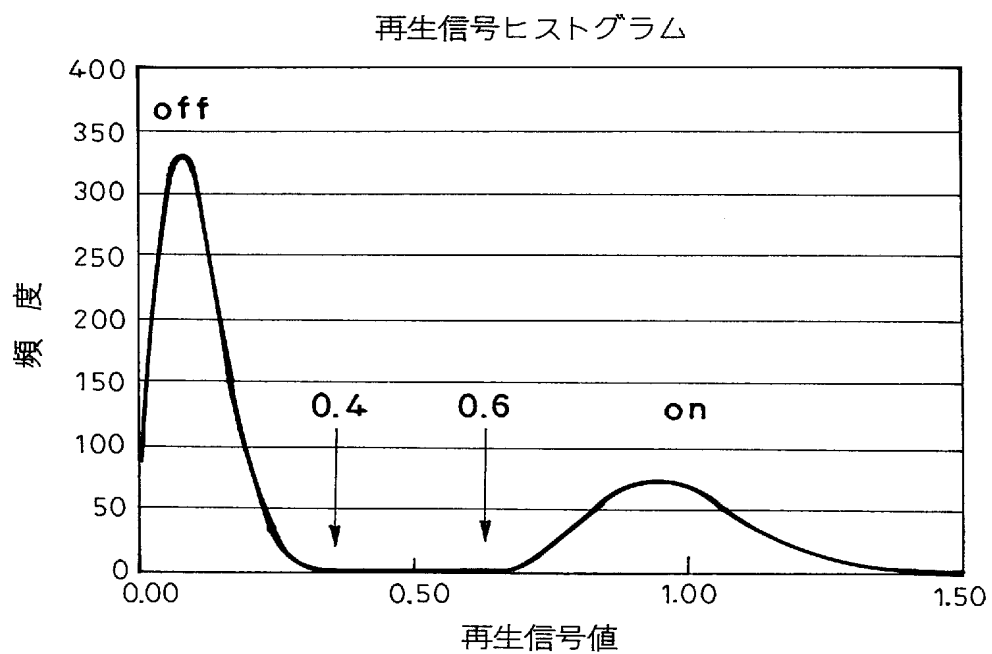
[図7]



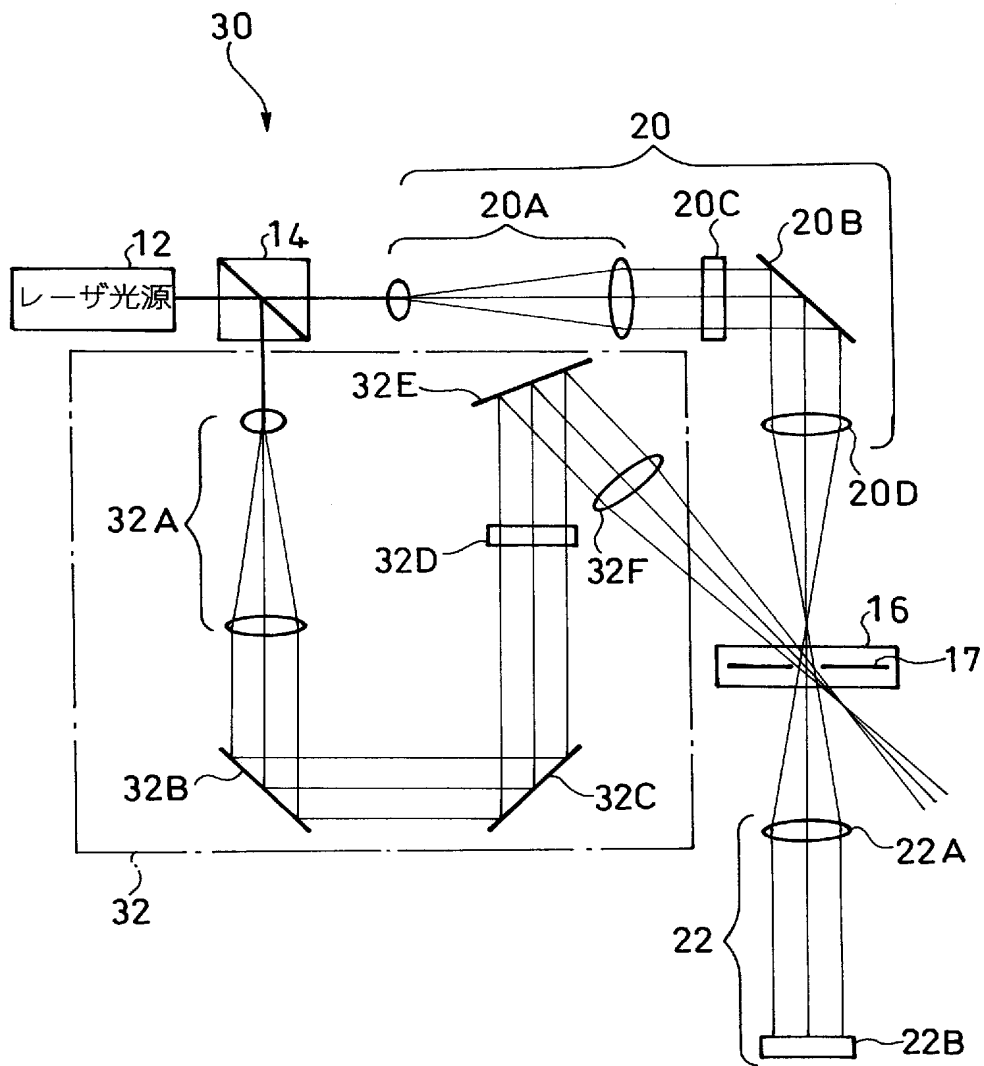
[図8]



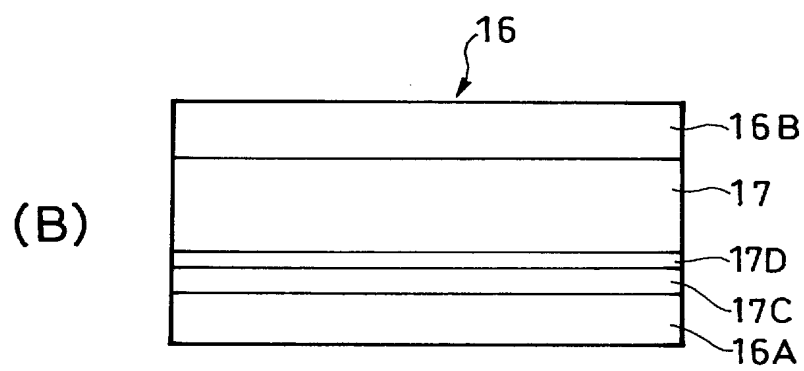
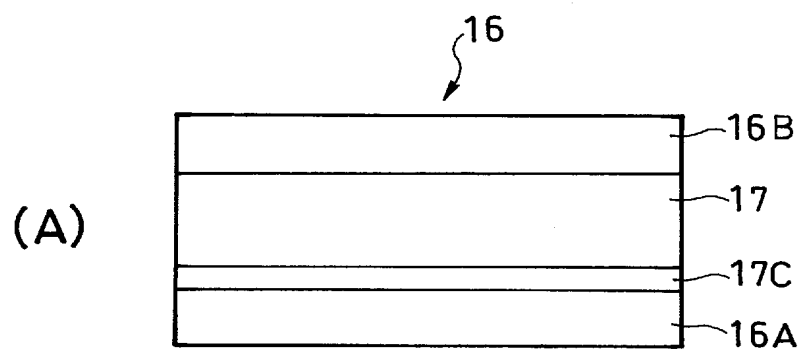
[図9]



[図10]



[図11]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017721

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G03H1/02, G11B7/0065, G11B7/135, G11B7/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G03H1/02, G11B7/0065, G11B7/135, G11B7/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 02-179673 A (Hughes Aircraft Co.), 12 July, 1990 (12.07.90), Full text; all drawings & IL 91745 A	1-6 7-23
Y A	JP 2001-006215 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 12 January, 2001 (12.01.01), Par. Nos. [0009] to [0013]; Fig. 2 (Family: none)	1-6 7-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
21 December, 2004 (21.12.04)

Date of mailing of the international search report  
11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G03H 1/02, G11B 7/0065, G11B 7/135, G11B 7/24

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G03H 1/02, G11B 7/0065, G11B 7/135, G11B 7/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 02-179673 A (ヒューズ・エアクラフト・カンパニー) 1990. 07. 12 全文全図 & I L 91745 A	1-6 7-23
Y A	J P 2001-006215 A (三菱化学株式会社) 2001. 01. 12 【0009】～【0013】、図2 (ファミリーなし)	1-6 7-23

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 12. 2004

国際調査報告の発送日

11. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉 野 公 夫

2 V

8106

電話番号 03-3581-1101 内線 3229